



Effect of Soil Compaction on the Aerial and Root Development of *Stylosanthes* cv. Campo Grande

Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular da *Stylosanthes* cv. Campo Grande

CAVALCANTE, Julio Cesar Silva⁽¹⁾; SANTOS, Ilaine Benício dos⁽²⁾; CALIXTO COSTA, Julio César⁽³⁾; SOUZA, Elessandra Araújo de⁽⁴⁾; SANTOS, Márcio Aurélio Lins dos⁽⁵⁾; SANTOS, Cícero Gomes⁽⁶⁾

⁽¹⁾ 0009-0001-7825-4882; Federal University of Alagoas (*Universidade Federal de Alagoas*) - Campus Arapiraca. Arapiraca, AL, Brazil. juliocesar.cavalcante2011@hotmail.com.

⁽²⁾ 0009-0004-4797-3296; Federal University of Alagoas (*Universidade Federal de Alagoas*) - Campus Arapiraca. Arapiraca, AL, Brazil. ilainebenicio@gmail.com

⁽³⁾ 0009-0001-7220-1798; Federal Rural University of Pernambuco (*Universidade Federal Rural de Pernambuco*). Recife, PE, Brazil. julio.calixto@ufrpe.br.

⁽⁴⁾ 0000-0002-9285-9079; Federal University of Alagoas (*Universidade Federal de Alagoas*) - Campus Arapiraca. Arapiraca, AL, Brazil. ele_araujo@yahoo.com.br.

⁽⁵⁾ 0000-0001-5216-4443; Federal University of Alagoas (*Universidade Federal de Alagoas*) - Campus Arapiraca. Arapiraca, AL, Brazil. mal.santo@arapiraca.ufal.br.

⁽⁶⁾ 0000-0002-2264-6772; Federal University of Alagoas (*Universidade Federal de Alagoas*) - Campus Arapiraca. Arapiraca, AL, Brazil. cgomes@arapiraca.ufal.br.

O conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of soil compaction on the morphological and root characteristics of *Stylosanthes* cv. Campo Grande, cultivated in a Yellow-Red Latosol. The experiment was conducted from July 5 to September 19, 2023, at the Federal University of Alagoas – Arapiraca Campus, using five soil density levels (1.3 to 1.7 Mg.m³), with three plants per plot and four replications. The analyzed variables included the number of leaves, plant height, stem diameter, leaf area, chlorophyll index, and fresh and dry masses of leaves, stems, and roots (0–20 cm and 20–35 cm). The results showed that increasing soil compaction significantly reduced the number of leaves, plant height, and stem diameter. Soil density above 1.4 Mg.m³ was found to be limiting for the development of *Stylosanthes* cv. Campo Grande, with particular emphasis on the 1.7 Mg.m³ density, which resulted in a significant decrease in fresh and dry biomass production of both aerial and root parts.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da compactação do solo nas características morfológicas e radiculares da espécie *Stylosanthes* cv. Campo Grande, cultivada em Latossolo Vermelho-Amarelo. O experimento foi conduzido de 05 de julho a 19 de setembro de 2023, na Universidade Federal de Alagoas – Campus Arapiraca, utilizando cinco níveis de densidade do solo (1,3 a 1,7 Mg.m³), com três plantas por parcela e quatro repetições. As variáveis analisadas foram: número de folhas, altura das plantas, diâmetro do caule, área foliar, índice de clorofila, e massas fresca e seca de folhas, hastes e raízes (0-20 cm e 20-35 cm). Os resultados mostraram que o aumento da compactação do solo causou redução significativa no número de folhas, altura das plantas e diâmetro do caule. A densidade do solo superior a 1,4 Mg.m³ foi limitante para o desenvolvimento da *Stylosanthes* cv. Campo Grande, com destaque para a densidade de 1,7 Mg.m³, que resultou em uma diminuição significativa na produção de massa fresca e seca das partes aéreas e radiculares.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Histórico do Artigo:

Submetido: 24/03/2025

Aprovado: 15/06/2025

Publicação: 10/07/2025



Keywords:

Root system; Increase in soil density levels; Soil physical properties

Palavras-Chave:

Sistema radicular; Aumento dos níveis de densidade do solo; propriedades físicas do solo

Introdução

O solo não apenas desempenha um papel crucial na subsistência humana, mas também serve como o principal suporte para a produção agrícola, além de abrigar e sustentar os ecossistemas terrestres (Lopes, 2017; Sternberg; Thomas, 2018).

A demanda crescente por alimentos, fibras e bioenergia, impulsionada pelo rápido crescimento populacional mundial que atingiu em 2022 o marco de 8 bilhões de habitantes (G1 Mundo, 2022), tem aumentado o uso dos recursos naturais, incluindo o solo. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2015), a compactação do solo é uma das principais limitações da física do solo, sendo responsável pela degradação de 33% das áreas agrícolas mundiais. Sua ocorrência em terras cultiváveis compromete o crescimento das raízes e o movimento da água, afetando diretamente o desenvolvimento das plantas (Bonfim-Silva et al., 2014).

A qualidade do solo desempenha um papel essencial no crescimento e produtividade das culturas, sendo avaliada por indicadores como densidade, porosidade, resistência à penetração e capacidade de infiltração de água. Esses fatores determinam a estrutura do solo e a disponibilidade de recursos essenciais às plantas. Práticas inadequadas de manejo podem alterar negativamente esses indicadores, intensificando a compactação e reduzindo a capacidade produtiva dos sistemas agrícolas (Santos, 2016).

A compactação do solo ocorre quando há um aumento da densidade do solo devido à redução do volume de poros, resultante da compressão de solo não saturado (Gupta; Allmaras, 1987; Gupta; Hadas; Schafer, 1989). Esse processo decorre da expulsão de ar dos poros sob pressão, reduzindo a aeração e a disponibilidade hídrica (Dias Júnior; Tassinari; Martins, 2019). Geralmente, a compactação é provocada por cargas dinâmicas aplicadas por curtos períodos, como o tráfego de máquinas agrícolas e o pisoteio animal (Drescher et al., 2023).

O manejo inadequado do solo pode intensificar os efeitos negativos da compactação, comprometendo o desenvolvimento radicular e levando a mal formação das raízes. Além disso, há um aumento da resistência mecânica ao crescimento das raízes e uma redução na infiltração de água, macroporosidade, aeração e disponibilidade de nutrientes (Tavares Filho et al., 2001; Piffer; Benez, 2009; Silva, 2012).

O *Stylosanthes cv. Campo Grande*, lançado pela Embrapa Gado de Corte em 2000, é uma cultivar composta pelas espécies *Stylosanthes macrocephala* e *Stylosanthes capitata*. Essa leguminosa forrageira destaca-se por sua alta concentração de proteína, capacidade de fixação biológica de nitrogênio, adaptação a solos pobres e arenosos, descompactadora, eficaz remineralizadora do solo contribuindo para repor os nutrientes em déficit e restaurar sua fertilidade. Além disso, apresenta resistência à antracnose, uma doença que compromete a persistência de *Stylosanthes spp.* em pastagens tropicais (Garcia et al., 2008; Andrade; Assis; Sales, 2010). No entanto, ainda há lacunas sobre sua resposta a diferentes níveis de

compactação do solo, especialmente em relação ao desenvolvimento radicular e à biomassa aérea.

Diante desse cenário, é evidente a necessidade de investigar o gênero *Stylosanthes* spp. sobre o desenvolvimento em solos com diferentes níveis de compactação, a fim de compreender seus mecanismos de adaptação e possíveis benefícios para a recuperação da qualidade física do solo. O cultivo de plantas com sistema radicular profundo e volumoso é uma estratégia eficaz para mitigar os efeitos da compactação, pois promove a formação de canais no solo, melhorando sua estrutura (Cardoso et al., 2006).

Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da compactação do solo nas características morfológicas e radiculares da espécie *Stylosanthes* cv. Campo Grande, cultivada em Latossolo Vermelho-Amarelo.

Material e métodos

O experimento foi realizado durante o período de 05 de julho a 19 de setembro de 2023, conduzido na área experimental do grupo de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente (PPGAA), da Universidade Federal de Alagoas, *Campus* Arapiraca, em ambiente protegido (Casa de vegetação), sob as coordenadas geográficas 9°41'55" S, 36°41'08" W e altitude de 321 metros acima do nível médio do mar.

A região experimental está localizada na região do Agreste alagoano, área de transição entre a Zona da Mata e o Sertão Alagoano, com precipitação anual variando entre 750 e 1000 mm, o clima é classificado pelo critério de Köppen (1948) como tipo 'As', existindo chuvas de inverno (abril - setembro) e seca de verão (outubro - março) (Santos, 2023).

O material de solo utilizado para o enchimento dos vasos foi proveniente de um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média (Santos *et al.*, 2018), foi coletado na profundidade de 0,00–0,20 m, originário da área experimental da Ufal - *Campus* Arapiraca. Após coletado, esse solo foi seco ao ar, destorroado, peneirado em malha de 2 mm para separação de pedras (rochas), raízes e palha e em seguida retirado uma amostra de 0,7 kg para análise química e física (Tabela 1 e 2).

Tabela 1.
Características químicas do solo utilizado para o preenchimento dos vasos na profundidade de 0,0 - 0,20 m.

Resultados Analíticos de Solo									
pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S.B.	T	CTC
----- mg/dm ³ -----			----- cmolc/dm ³ -----						
5,0	10	61	1,5	0,5	0,22	3,1	2,26	2,48	5,36
Na	Fe	Cu	Zn	Mn	V	m	Na/CTC	PST	M.O.
----- mg/dm ³ -----			----- % -----						
23	325,2	2,2	0,05	0,85	42,1	8,9	2,9	1,87	0,9

Fonte: Central Analítica, 2023.

Tabela 2.
Características físicas do solo utilizado para o preenchimento dos vasos na profundidade de 0,0 - 0,20 m.

Parâmetros	Resultado da Amostra
	g/Kg
Areia Grossa	366
Areia Fina	202
Areia Total	568
Silte	145
Argila	287
Classe Textural	Franco Argilo Arenoso

Fonte: Central Analítica, 2023.

Os tratamentos consistiram em cinco níveis de densidade do solo com compactação de 1,3; 1,4; 1,5; 1,6 e 1,7 Mg.m⁻³, a cultura utilizada foi a *Stylosanthes cv.* Campo Grande com o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com 4 repetições, totalizando 20 parcelas, sendo cada unidade experimental formada por 3 plantas.

Os níveis de compactação foram definidos considerando a relação entre o volume do recipiente e a massa de solo adicionada. Assim, os vasos dos tratamentos receberam, respectivamente, 3,9 kg, 4,2 kg, 4,5 kg, 4,8 kg e 5,1 kg de solo, compactados até atingir 15 cm de altura. As parcelas experimentais foram compostas por dois anéis de PVC rígido de 20 cm e um de 15 cm de altura, todos com diâmetro de 15 cm, unidos com fita adesiva tipo “Silver Tape”. O solo utilizado foi proveniente da camada de 0 - 20 cm de profundidade. Os anéis inferiores foram preenchidos com solo sem compactação, enquanto os superiores foram preenchidos e compactados conforme os tratamentos. Para garantir o estabelecimento inicial das plantas, os 5 cm superiores permaneceram sem compactação.

Considerou-se 15 cm dos anéis superiores para submeter os níveis de densidade, deixando os 5 cm da superfície com solo não compactado para proporcionar o adequado desenvolvimento inicial das plantas. Na parte inferior das parcelas foi colocada uma vasilha de plástico com uma tela antiafídeos com malha de 1mm, a qual foi fixada com abraçadeira de nylon. A compactação do solo foi realizada com uma prensa hidráulica Charlott PH5T. Não foi realizada a correção do solo, visto que se optou por manter as mesmas características presentes quando em condições de pousio.

A semeadura foi realizada diretamente nos vasos no dia 05 de julho de 2023, distribuindo dez sementes por parcela experimental. A emergência ocorreu no dia 09 de julho de 2023 e, após 30 dias, foi realizado o desbaste, mantiveram-se três plântulas vigorosas e homogêneas por unidade experimental. As irrigações foram realizadas superficialmente até o estabelecimento das plantas (60 dias após a semeadura). A partir desse período, a umidade foi mantida por capilaridade, adicionando água às vasilhas sob os vasos, incentivando o crescimento das raízes através da camada compactada em busca de água e nutrientes.

O experimento teve uma duração de 75 dias após a semeadura (DAS). As avaliações ocorreram antes e após o término, cujas variáveis analisadas foram: altura de planta (AP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa fresca de folha (MFF), massa fresca de haste (MFH), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de folha (MSF), massa seca de haste (MSH), massa seca de raiz (MSR).

Os resultados foram submetidos a análise de variância e quando F foi significativo ($p < 0,05$), aplicou-se regressão para as densidades, utilizando-se o programa estatístico Sisvar, versão 5.6.

Resultados e Discussão

De acordo com os resultados obtidos, foi evidente que o aumento da compactação do solo exerceu uma influência significativa sobre a maioria das variáveis avaliadas ao longo do estudo. No entanto, duas exceções notáveis foram observadas: o diâmetro do caule aos 45 e 75 dias após a semeadura (DAS) e o Índice de Clorofila (SPAD) aos 75 DAS não apresentaram uma resposta significativa à variação na densidade do solo (Tabela 3).

Tabela 3.

Análise de variância de variáveis de crescimento do *Stylosanthes* cv. Campo Grande em função de diferentes densidades de solo e épocas em ambiente protegido no agreste alagoano.

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		45 DIAS			
		NF	AP	DC	SPAD
Densidade de Solo	4	37,977*	5,471*	0,135 ^{NS}	159,116*
Resíduo	15	6,737	0,714	0,064	42,199
C.V. (%)		21,33	27,65	28,42	22,55
FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	60 DIAS			
		NF	AP	DC	SPAD
		Densidade de Solo	4	763,286*	72,163*
Resíduo	15	184,534	8,026	0,049	65,781
C.V. (%)		37,95	29,73	14,09	18,95
FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	75 DIAS			
		NF	AP	DC	SPAD
		Densidade de Solo	4	3585,450*	133,136*
Resíduo	15	714,762	21,560	0,312	51,510
C.V. (%)		36,30	32,49	24,18	19,64

G.L. – Graus de liberdade, C.V. – Coeficiente de variação, NS – Não significativo, * – Significativo pelo teste F ($p < 0,05$). NF – Número de folhas, AP – Altura da planta, DC – Diâmetro do caule, SPAD – Índice de Clorofila.

Fonte: (Autor, 2024).

Na tabela 4, observou-se que as variáveis de massa fresca de haste (MFH), massa seca de haste (MSH), massa fresca de folha (MFF), massa seca de folha (MSF), massa fresca de raiz 0-20 cm (MFR 0-20), massa fresca de raiz 20-35 cm (MFR 20-35), massa seca de raiz 0-20 cm (MSR 0-20) e massa seca de raiz 20-35 cm (MSR 20-35) foram significativas. Em contraste, a variável área foliar (AF) não apresentou significância estatística.

Isso pode ser explicado pela compensação fisiológica das plantas em resposta ao estresse causado pela compactação do solo. Conforme Ferraz *et al.* (2017), ao estudarem o desenvolvimento do sistema radicular do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) sob diferentes densidades do solo, observaram que, em solos mais compactados, as plantas aumentaram o número de folhas, embora com áreas menores. Em contraste, os tratamentos iniciais apresentaram folhas maiores, mas em menor quantidade.

De acordo com Gubiani, Reichert e Reinert (2014), ao estudar sobre a interação entre disponibilidade de água e compactação do solo no crescimento e na produção do feijoeiro revelou que a compactação do solo é um fator crítico. Ela restringe significativamente o acesso da água às plantas, exacerbando o estresse hídrico. Esse fenômeno leva a uma perda significativa de água por evapotranspiração, sem uma compensação adequada através da absorção pelas raízes. Como consequência direta, a compactação do solo impacta negativamente a área foliar das plantas, limitando seu crescimento aéreo e, por conseguinte, comprometendo a produção vegetal.

Tabela 4.

Análise de variância de variáveis de crescimento do *Stylosanthes* cv. Campo Grande em função de diferentes densidades de solo e épocas em ambiente protegido no agreste alagoano.

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS				
		Área	MFH	MSH	MFF	MSF
Densidade de Solo	4	0,332 ^{NS}	2,073*	0,488*	2,301*	0,580*
Resíduo	15	0,940	0,572	0,109	0,637	0,170
C.V. (%)		27,42	29,98	24,91	26,54	25,68
		MFR 0-20	MFR 20-35	MSR 0-20	MSR 20-35	
Densidade de Solo	4	2,586*	5,853*	0,192*	0,477*	
Resíduo	15	0,821	1,078	0,062	0,152	
C.V. (%)		32,43	43,95	21,25	33,41	

G.L. – Graus de liberdade, C.V. – Coeficiente de variação, NS – Não significativo, * – Significativo pelo teste F (p < 0,05). AF – Área Foliar, MFH – Massa Fresca da Haste, MFH – Massa Seca da Haste, MFF – Massa Fresca da Folha, MFF – Massa Seca da Folha, MFR (0-20) – Massa Fresca da Raiz de 0 a 20 cm de profundidade, MFR (20-35) – Massa Fresca da Raiz de 20 a 35 cm de profundidade, MSR (0-20) – Massa Seca da Raiz de 0 a 20 cm de profundidade, MSR (20-35) – Massa Seca da Raiz de 20 a 35 cm de profundidade.

Fonte: (Autores, 2024).

Os resultados analisados para número de folhas indicam que a densidade do solo teve uma influência significativa para variável. Aos 45 dias após a semeadura (DAS), conforme mostrado na figura 1A, demonstrou impacto nas menores densidades promovendo o desenvolvimento maior número de folhas, enquanto densidades mais elevadas resultaram em menos folhas. A densidade do solo influenciou diretamente a disponibilidade de nutrientes e água, fundamentais para o desenvolvimento foliar.

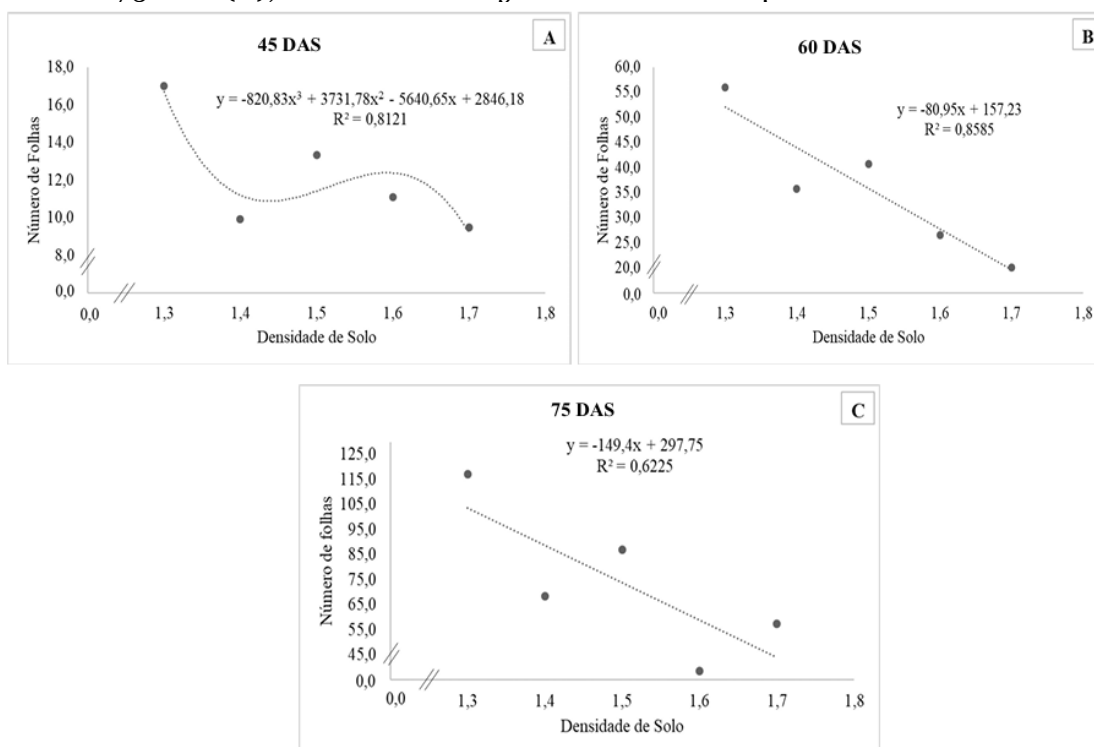
Aos 60 DAS (figura 1B) a densidade do solo continuou a exercer um efeito significativo sobre o número de folhas. Os tratamentos com densidades menores mantiveram o padrão de estimular um maior desenvolvimento foliar, enquanto as densidades mais altas apresentaram

resultados menos expressivos. A persistência desse padrão ao longo do tempo sugere que o número de folhas é uma variável de crescimento que responde de forma consistente às variações na densidade do solo. Um maior número de folhas pode indicar uma maior capacidade fotossintética, contribuindo para um crescimento mais robusto da planta.

Ao final do experimento, aos 75 DAS (figura 1C), a densidade do solo continuou a impactar significativamente o número de folhas, de maneira semelhante às observações feitas em períodos anteriores. Os tratamentos com menor compactação resultaram em um desenvolvimento foliar mais expressivo, enquanto os tratamentos com maior compactação apresentaram resultados inferiores. Esta variação significativa no número de folhas é atribuída à influência negativa da compactação do solo sobre o desenvolvimento das plantas, resultando em dificuldades na absorção e distribuição eficiente de nutrientes pelas raízes para a parte aérea das plantas.

Figura 1.

Números de folhas aos 45 DAS (A), número de folhas aos 60 DAS (B) e número de folhas aos 75 DAS (C), na cultura da *Stylosanthes* cv. Campo Grande.



Fonte: Autor (2024).

Conforme discutido por Bonfim-Silva et al. 2011 e Bonelli *et al.* (2011), a diminuição na produção de folhas é interpretada como uma estratégia da planta para direcionar os fotoassimilados para as raízes, em resposta às condições restritivas impostas pela camada compactada.

Estudos anteriores corroboram os achados apresentados, como o trabalho de Rosa *et al.* (2019) que investigou os efeitos da compactação do solo na cultura da soja (*Glycine max*) e

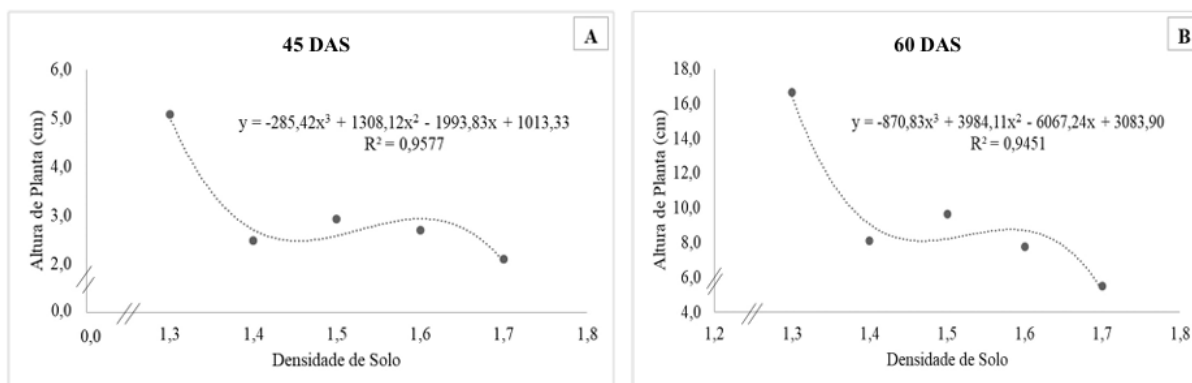
Sabóia *et al.* (2022) ao analisar o efeito da densidade do solo na cultura do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L) os resultados reforçam a hipótese de que a compactação do solo exerce influência direta na morfologia e fisiologia das plantas cultivadas, impactando negativamente o desenvolvimento foliar.

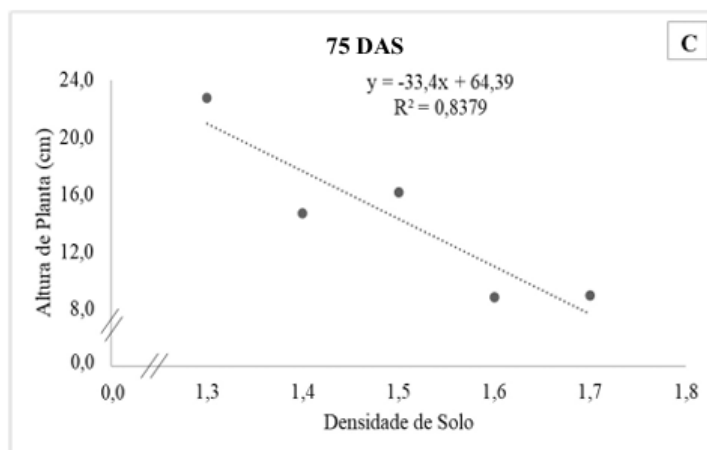
A altura das plantas foi significativamente influenciada pela densidade do solo aos 45 DAS, conforme mostrado na figura 2A. Desde o início do crescimento, as plantas apresentaram uma resposta clara às condições de compactação, com variações no seu crescimento aéreo. A densidade do solo afetar a disponibilidade de nutrientes e água, influenciando o crescimento das plantas

Aos 60 DAS e aos 75 DAS, representadas nas figuras 2B e 2C, a altura das plantas continuou a ser afetada de maneira significativa pela densidade do solo. As plantas cultivadas em solos com menor compactação apresentaram maior altura, enquanto aquelas em solos mais compactados mostraram redução no desenvolvimento aéreo. A resposta persistente da altura às variações na densidade ao longo do tempo indicando que esse fator ambiental exerce impacto contínuo no crescimento das plantas. A altura da planta está frequentemente associada à eficiência na captação de luz e na competição por recursos, sugerindo que plantas em solos com densidade adequada exibem um crescimento mais vigoroso.

Figura 2.

Médias das mensurações da altura de planta sob os níveis de densidade do solo aos 45 DAS (A), aos 60 DAS (B) e aos 75 DAS (C) na cultura *Stylosanthes* cv. Campo Grande.





Fonte: Autor (2024).

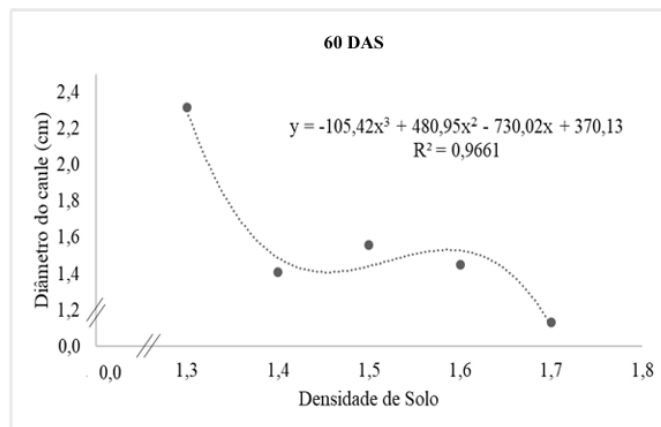
Os trabalhos desenvolvidos por Labegalini *et al.* (2016) e Scapinelli *et al.* (2016) ampliam nosso entendimento sobre os efeitos da compactação do solo no desenvolvimento vegetativo das culturas. Labegalini investigou o crescimento da cultura do milho em resposta a diferentes níveis de compactação do solo, enquanto Scapinelli analisou o sistema radicular e os componentes produtivos do girassol em solo compactado. Ambos os estudos evidenciaram que o aumento da densidade do solo resultou em impactos significativos na altura das plantas, indicando uma relação direta entre a compactação do solo e o desenvolvimento vegetativo das culturas.

Além disso, Rosa, Junior e Santos (2020) destacam a importância da porosidade do solo no contexto da compactação. Eles ressaltaram que solos compactados apresentam menor porosidade, o que reduz sua capacidade de reter água essencial para processos vitais das plantas, como transporte de nutrientes, regulação osmótica e crescimento celular. A escassez de água disponível resultante desse cenário tem impacto direto no tamanho das plantas, influenciando negativamente seu desenvolvimento.

Como mostra na figura 3, aos 60 DAS, foi observada uma diferença estatisticamente significativa no diâmetro do caule da *Stylosanthes* cv. Campo Grande, evidenciada pela análise estatística. O tratamento com menor densidade de solo resultou no maior diâmetro de caule. Em contraste, as densidades de solo mais altas resultaram em diâmetros menores. Esses resultados sugerem que, durante este período inicial de crescimento, o diâmetro do caule é sensível às variações na densidade do solo. A pressão exercida pelo solo afeta a capacidade das plantas de expandir seus caules, refletindo uma adaptação às condições mais restritivas e menos favoráveis do solo.

Figura 3 .

Diâmetro do caule em função dos níveis de densidade do solo aos 60 DAS na cultura *Stylosanthes* cv. Campo Grande.



Fonte: Autor (2024).

O estudo conduzido por Sabóia *et al.* (2022) revelou que o aumento da densidade do solo resultou em uma redução significativa no diâmetro do caule das plantas, observaram uma diminuição de 34,66% aos 45 dias após a emergência e de 27,38% aos 60 dias, ao comparar as densidades de 1,0 Mg.m⁻³ a 1,8 Mg.m⁻³.

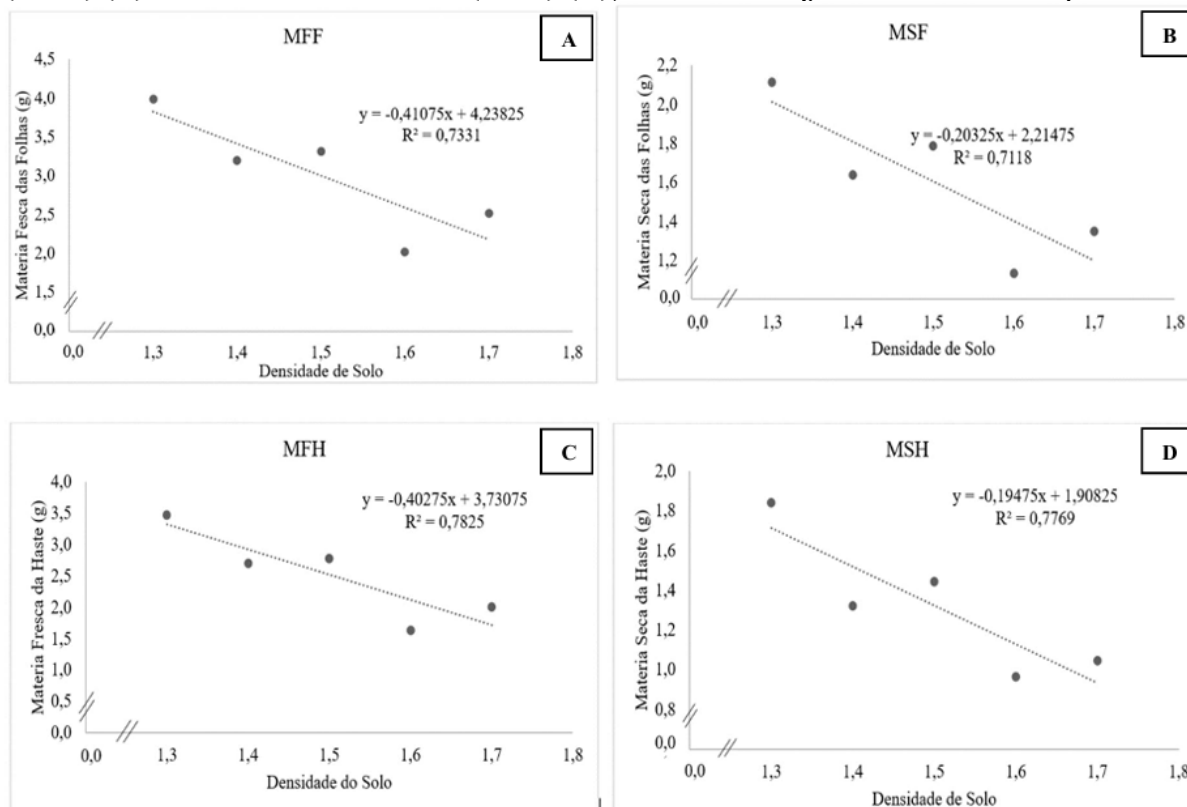
De forma similar, Paludo (2018) constatou que o incremento na densidade do solo acarretou em um decréscimo no diâmetro do caule das plantas, evidenciando essa relação ao comparar os diferentes níveis de densidade aplicados.

Os resultados das variáveis de massa fresca de folhas (MFF), massa seca de folhas (MSF), massa fresca de hastes (MFH) e massa seca de hastes (MSH) da cultura *Stylosanthes* cv. Campo Grande indica uma relação de decréscimo com o aumento da densidade do solo, conforme apresentado na Figura 4. Com o aumento da densidade do solo de 1,3 Mg.m⁻³ para 1,7 Mg.m⁻³, foi observada uma redução nas produções dessas massas. Isso é explicado pela dificuldade das plantas em absorver água e nutrientes em solos mais compactados, que possuem menos porosidade e menor disponibilidade de oxigênio, fatores cruciais para o desenvolvimento saudável das plantas e a produção de biomassa.

O estudo de Sabóia *et al.* (2022) evidenciou uma relação inversamente proporcional entre a densidade do solo e a massa seca das plantas, por meio de um modelo linear de regressão decrescente, verificaram que o aumento da densidade do solo resultou em uma redução significativa de 37,36% no peso máximo obtido, ao comparar os níveis extremos de densidade. Esses resultados reforçam a influência negativa da compactação do solo no desenvolvimento vegetal, ressaltando a importância da consideração desse fator no manejo agrícola.

Figura 4.

Massa fresca de folhas (MFF) (A), Massa Seca de folhas (MSF) (B), Massa fresca de haste (MFH) (C) e Massa Seca de Haste (MSC) (D), na cultura *Stylosanthes* cv. Campo Grande.



Fonte: Autor (2024).

A pesquisa realizada por Montiel *et al.* (2024) sobre os componentes da produção da canola em um Latossolo Argiloso sob diferentes níveis de compactação também revelou uma diminuição marcante na massa seca da parte aérea das plantas à medida que a compactação do solo aumentava. Esses resultados indicam os efeitos prejudiciais da compactação do solo na produtividade das culturas, enfatizando a necessidade de avaliação e controle adequados desse fenômeno no contexto agrícola.

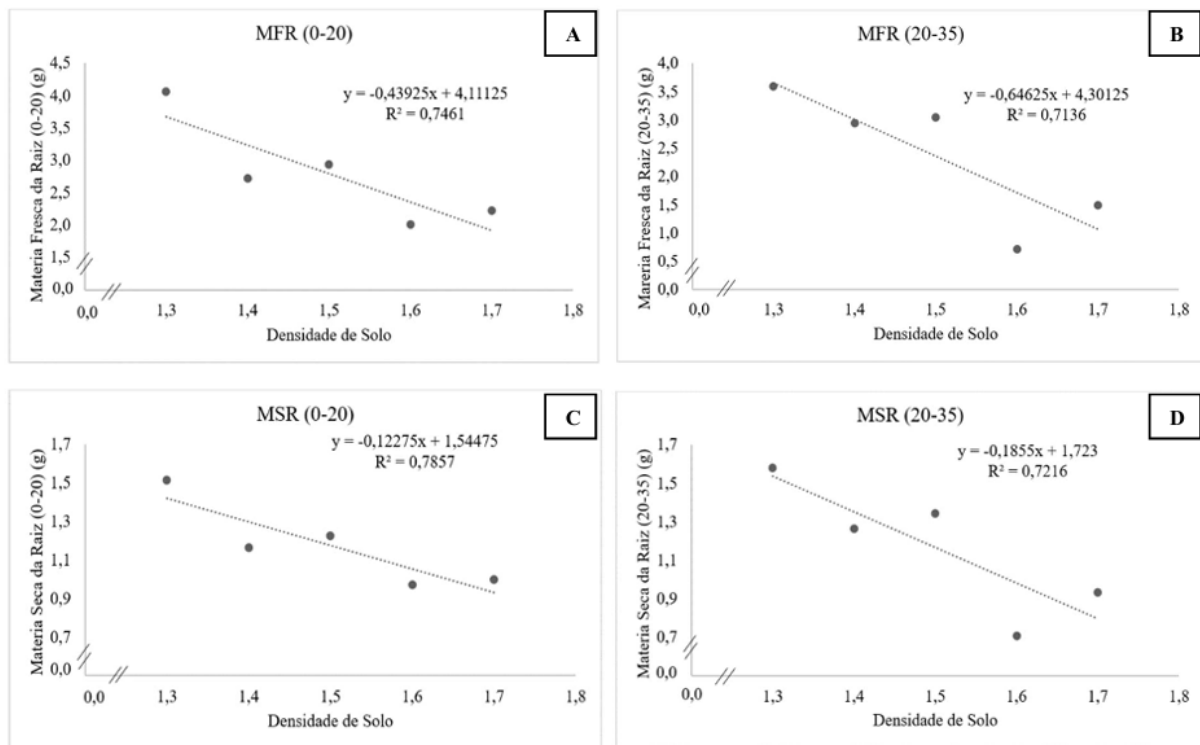
Assim como observado nas variáveis de massa fresca e seca de folhas e hastes, os resultados para as variáveis de massa fresca de raiz (MFR) e massa seca de raiz (MSR) também apresentaram um modelo linear decrescente com o aumento da densidade do solo, como podemos ver na figura 5. A análise mostrou que, com o aumento da densidade do solo, as produções de massa de raiz diminuíram, indicando que solos mais compactados dificultam a penetração das raízes, prejudicando tanto o desenvolvimento radicular quanto o desenvolvimento aéreo das plantas.

Conforme Nunes *et al.* (2016), ao estudarem as densidades e tensões de água no solo na produção de raízes de milho, observaram que o aumento da densidade do solo resulta na redução direta da porosidade. Essa diminuição da porosidade compromete o desenvolvimento das raízes e interfere negativamente na parte aérea das plantas. A compactação do solo dificulta

a absorção de nutrientes e água, essenciais para o crescimento saudável das plantas (Ferraz *et al.*, 2017).

Figura 5.

Matéria Fresca da Raiz (0-20) (MFR 0-20) (A), Matéria Fresca da Raiz (20-35) (MFR 20 -- 35) (B), Matéria Fresca da Raiz (0-20) (MSR 0-20) (C) e Matéria Seca da Raiz (20-35) (MSR 20-35) (D), na cultura do *Stylosanthes* cv. Campo grande.



Fonte: Autor (2024).

O estudo conduzido por Andognini (2019) investigou o impacto da compactação do solo nos atributos físicos do solo em Santa Catarina, bem como nas características produtivas e nutritivas da aveia-preta. Um dos resultados observados foi a redução da massa seca das raízes que revelou uma relação inversa com o aumento da compactação do solo.

De maneira semelhante, Castagnara *et al.* (2013), ao estudar o crescimento de *Stylosanthes* cv. Campo Grande em diferentes níveis de densidade de um Latossolo Vermelho, encontraram um decréscimo na matéria seca das raízes à medida que a densidade do solo aumentava nas camadas compactadas. Eles observaram que o aumento da densidade do solo dificulta a penetração e o crescimento das raízes em direção às camadas mais profundas. Isso limita a exploração do solo pelas raízes, resultando em uma menor absorção de nutrientes e água.

O aumento da densidade do solo prejudica a capacidade das raízes de se expandirem e se aprofundarem no solo. Como resultado, as plantas têm acesso limitado aos nutrientes e à água disponíveis nas camadas mais profundas, o que afeta negativamente o desenvolvimento

da parte aérea. Com raízes menos desenvolvidas, a planta é incapaz de sustentar um crescimento vigoroso da parte aérea, levando a uma redução na produção de biomassa e potencial produtivo.

Conclusão

Os valores de densidade do solo superiores a $1,4 \text{ Mg.m}^{-3}$ foram identificados como limitantes para o desenvolvimento aéreo e radicular da cultura da *Stylosanthes* cv. Campo Grande em condições de casa de vegetação. O tratamento com densidade do solo de $1,7 \text{ Mg.m}^{-3}$ resultou em uma redução estatisticamente significativa em todas as variáveis analisadas na cultura.

REFERÊNCIAS

- Andognini, J. (2019). Efeito do grau de compactação nos atributos físicos de solos de Santa Catarina e nas características produtivas e nutritivas da aveia-preta, [Dissertação de mestrado, Universidade do Estado de Santa Catarina] UDESC.
https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1470/Dissertacao_Jadiel_VERS_O_FINAL_24_04_2019_15693552808522_1470.pdf
- Andrade, C. M. S. de, Assis, G. M. L. de, & Sales, M. F. L. (2010). Estilosantes Campo Grande: leguminosa forrageira recomendada para solos arenosos do Acre. *Embrapa Acre, Circular técnica*, 55, 1–12.
- Bonelli, E. A., Bonfim-Silva, E. M., Cabral, C. E. A., Campos, J. J., Scaramuzza, W. L. M. P., & Polizel, A. C. (2011). Compactação do solo: efeitos nas características produtivas e morfológicas dos capins Piatã e Mombaça. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental/Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering*, 15(3), 264–269.
<https://doi.org/10.1590/s1415-43662011000300007>
- Bonfim-Silva, E. M.; Anicésio, E. C. A; Silva, F. C. M; Dourado, L. G. A; & Agüero, N. F. (2011). Compactação do solo na cultura do trigo em latossolo do cerrado. *Enciclopédia Biosfera*. 7(12), 1-8. <https://conhecer.org.br/enciclop/2011a/ agrarias/compactacao.pdf>
- Bonfim-Silva EM, Anicésio ECA, Tonny JAS, Guedes FO, Rosa. Wheat cultivars under bulk density levels in Cerrado Rhodic Hapludox, Central Brazil. *Afr J Agric Res*. 2014;9(21):1641-1643.
<https://doi.org/10.5897/AJAR2013.8717>
- Cardoso, E. G., Zotarelli, L., Piccinin, J., Torres, E., Saraiva, O. F., & Guimarães, M. F. (2006). Sistema radicular da soja em função da compactação do solo no sistema de plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 493–501. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000300017>
- Dias Júnior, M.S.; Tassinari, D.; & Martins, P.C.C. (2017). Compactação do solo: Atualização. In: E. da C. Severiano, M. F. de Moraes, A. M. de Paula. (orgs.), Tópicos em Ciência do solo (pp. 7-69). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Drescher, M. S., Kaiser, D. R., de Lima, C. L. R., & Braidá, J. A. (2023). Física do Solo. In P. I. G. Jackson Adriano Albuquerque, J. M. Reichert, M. da Veiga, D. R. dos Santos, C. L. R. de Lima, C. J. Michelin, D. J. Reinert, D. R. Kaiser, E. S. Vogelmann, J. A. Braidá, M. S. Drescher, & V. R. da

- Silva (Eds.), *Compactação do solo* (pp. 145–178). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. <https://www.sbcs.org.br/2024/01/30/fisica-do-solo-nucleo-regional-sul/>
- Ferraz, L., Silva, A., Rocha, L., Oliveira, T., & Silva, J. (2017). Influência da Compactação do Solo no Desenvolvimento do Sistema Radicular do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agrarian Academy*, 4(8), 166–174. https://doi.org/10.18677/agrarian_academy_2017b17
- G1. (n.d.). *População mundial - Somos 8 bilhões de pessoas e não vamos parar por aí - G1 Mundo*. G1. <https://especiais.g1.globo.com/mundo/2022/8-bilhoes-de-pessoas/>
- Garcia, F. M.; Barbosa, R. Z.; Giatti Jr, N. O.; & Ferraz, M. V. (2008). O uso de estilosantes campo grande em consórcio com braquiariinha (*Brachiaria decumbens*). *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, 7(13), 1–8. http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/WsAhWdmMFi8mjFs_2013-5-3-15-21-19.pdf
- Gubiani, P. I., Reichert, J. M., & Reinert, D. J. (2014). Interação entre disponibilidade de água e compactação do solo no crescimento e na produção de feijoeiro. *Revista brasileira de ciencia do solo*, 38(3), 765–773. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832014000300008>
- Gupta SC, Allmaras RR. Models to assess the susceptibility of soils to excessive compaction. In: *Soil Compaction in Crop Production*. Springer; 1987. p. 65-100. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4682-4_2
- Gupta, S. C., A. Hadas, & Schafer, R. L. (1989). Modeling Soil Mechanical Behavior During Compaction. *Springer EBooks*, 137–152. https://doi.org/10.1007/978-94-009-2421-5_12
- Labegalini, N. S., Buchelt, A. C., Andrade, L., Oliveira, S. C. de, & Campos, L. M. (2016). Desenvolvimento da Cultura do Milho sob Efeitos de Diferentes Profundidades de Compactação do Solo. *Revista de Agricultura Neotropical*, 3(4), 7–11. <https://doi.org/10.32404/rean.v3i4.1102>
- Lopes, E. L. (2017). *Efeito da Compactação do Solo no Desenvolvimento de Nabo Forrageiro e sua ação como Descompactador Biológico* [Trabalho de Conclusão de Curso]. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. https://riut.utpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11457/1/FB_CO-EAM_2016_2_09.pdf
- Montiel, C. B., Secco, D., Rizzi, R. L., Bassegio, D., Savioli, M. R., Targa, M. M., & Eduardo Jair Wendt & Fabricio Michel Denes. (2024). Componentes de la producción de canola bajo niveles de compactación en un Oxisol arcilloso. *Revista Caribeña de Ciências Sociales*, 13(4), 01–11. <https://doi.org/10.55905/rcssv13n4-004>
- Paludo, J. T. S., Bonfim-Silva, E. M., Silva, T. J., Sousa, H., Zanotto, M., & Fenner, W. (2018). Agronomic performance of Safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.) under different soil bulk density levels in the Oxisol of the Cerrado. *Australian Journal of Crop Science*, 12, 407–412. <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.03.pne798>
- Piffer, C. R., & Benez, S. H. (2009). Demanda energética de uma semeadora de fluxo contínuo em três sistemas de manejo do solo. *Energia Na Agricultura (Brazil)*, 24(4), 21–32. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122605/records/6473691d53aa8c89630d9324>
- Rosa, A., Zano Junior, L. A., & Santos, R. F. (2020). Crescimento inicial do girassol sob níveis de densidades do solo. *Acta Iguazu*, 9(4), 102–108. <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v9i4.25695>

- Rosa, H. A., Junior, G. G., & Resende, J. D. (2019). Influência da Compactação do Solo em Parâmetros Produtivos da Cultura da Soja. *Revista Técnico-Científica do CREA-PR – ISSN 2358-5420*, Ed. Especial, 1-7. <https://revistatecie.crea-pr.org.br/index.php/revista/article/view/548/333>
- Sabóia, A. S. (2020). *Poliuretano Expansível e Policloreto de Vinila como Recipiente Para Estudo de Descompactação Biológica do Solo* [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso]. UFMT. <https://ufr.edu.br/pgeagri/wp-content/uploads/2021/02/Dissertacao-Aline-de-Souza-Saboia.pdf>
- Santos, D.N.; Silva, T. S. S.; Santos, C. G; Santos, W.M.; Santos, M.; & Santos, V. R. (2018). Efeito da compactação do solo nas características morfológicas das espécies de Fabáceas *Crotalaria juncea* L. e *Crotalaria spectabilis* Roth. *Atena Editora*, 1(1), 266-274. <https://atenaeditora.com.br/catalogo/post/avaliacao-das-caracteristicas-morfologicas-de-crotalaria-juncea-l-e-crotalaria-spectabilis-roth-sob-diferentes-niveis-de-compactacao-solo>
- Santos, H. G. dos, Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C. dos, Oliveira, V. A. de, Lumbreras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A. de, Araujo Filho, J. C. de, Oliveira, J. B. de, & Cunha, T. J. F. (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. In *www.infoteca.cnptia.embrapa.br*. Brasília, DF: Embrapa, 2018. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>
- Santos, J. K. (2023). *Dinâmica de composição e liberação de nutrientes em plantas de cobertura no Agreste alagoano*. [Trabalho de Conclusão de Curso] Universidade Federal de Alagoas. <https://ud10.arapiraca.ufal.br/repositorio/publicacoes/4494>
- Scapinelli, A., Deina, F. R., Valadão Junior, D. D., Valadão, F. C. A., & Pereira, L. B. (2016). Sistema radicular e componentes produtivos do girassol em solo compactado. *Bragantia: boletim tecnico do Instituto Agronomico do Estado de Sao Paulo*, 75(4), 474–486. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.286>
- Silva, S. D., Alves, J. M., Mesquita, G. M., & Leandro, W. M. (2012). Efeito da Compactação do Solo no Desenvolvimento Aéreo e Radicular do Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.) e Crambe (*Crambe abyssinica* hochst). *Global Science and Technology (ISSN 1984 - 3801)*, 5(2), 87–97. <https://repositorio.bc.ufg.br/riserver/api/core/bitstreams/07460cbb-86a9-4273-b036-1580d1e0d06c/content>
- Sternberg, E. D., & Thomas, M. B. (2017). Insights from agriculture for the management of insecticide resistance in disease vectors. *Evolutionary Applications*, 11(4), 404–414. <https://doi.org/10.1111/eva.12501>
- Tavares Filho, J., Barbosa, G. M. C., Guimarães, M. F., & Fonseca, I. C. B. (2001). Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. *Revista brasileira de ciencia do solo*, 25(3), 725–730. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832001000300022>
- The State of Food and Agriculture 2015* | FAO. (n.d.). *Www.fao.org*. <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/336805/>